

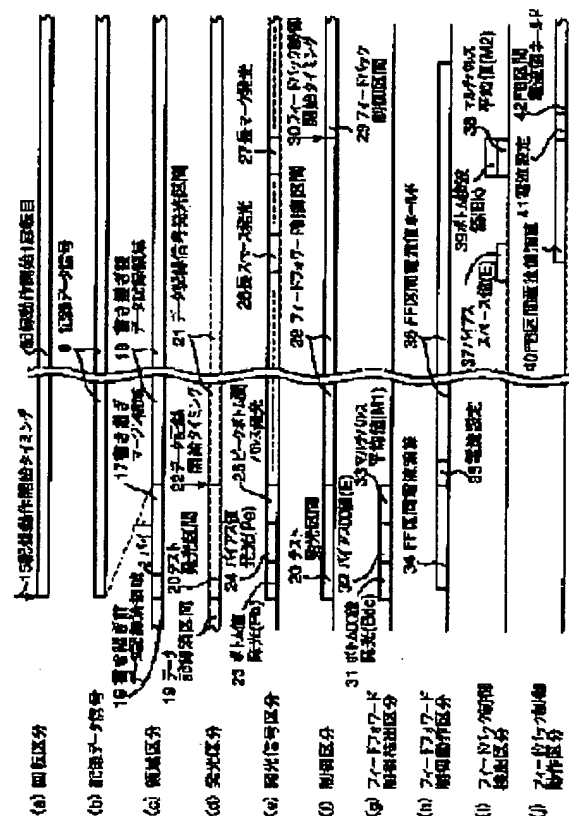
CONTROL METHOD OF SEMICONDUCTOR LASER AND CONTROLLER OF SEMICONDUCTOR LASER

Patent number: JP2002203320
Publication date: 2002-07-19
Inventor: KOISHI KENJI; MIYAHASHI YOSHIYUKI; USUI MAKOTO; KONNO KOUJIYU; UEKI YASUHIRO; UENO TOMONORI; OSADA YUTAKA; FUJIMOTO TORU
Applicant: MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD.; VICTOR COMPANY OF JAPAN
Classification:
 - international: G11B7/0045; G11B7/125
 - european:
Application number: JP20010259692 20010829
Priority number(s): JP20000328789 20001027; JP20010259692 20010829

Report a data error here

Abstract of JP2002203320

PROBLEM TO BE SOLVED: To solve such a conventional problem that the continuity of the amplitude of a signal track is impaired by the deterioration of the reproducing amplitude at the recording start end part of the data recording area added, written, at additional writing on an optical disk such as a DVD-R or DVD-RW. **SOLUTION:** The control method of the semiconductor laser and the semiconductor laser controller are provided, by which the recording power of the semiconductor laser is controlled for setting to the target power value at a high speed from the time immediately after the start of additional writing by the feed-forward control and also controlled for keeping to the target recording power value stably in a long time by continuously operating the feed-back controller during the data recording period even through the time of recording operation is prolonged and the current value for setting to the target power value by the temperature characteristic of the semiconductor laser is changed.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

(11)特許出願公開番号

特開2002-203320

(P2002-203320A)

(43)公開日 平成14年7月19日(2002.7.19)

(51) Int.Cl. ¹	識別記号	F I	チーエーエー(参考)
G 1 1 B 7/0045		G 1 1 B 7/0045	B 5 D 0 9 0
7/125		7/125	C 5 D 1 1 9

審査請求 未請求 請求項の数23 O.L (全 21 頁)

(21)出願番号	特願2001-259692(P2001-259692)	(71)出願人	000005821 松下電器産業株式会社
(22)出願日	平成13年8月29日(2001.8.29)		大阪府門真市大字門真1006番地
(31)優先権主張番号	特願2000-328789(P2000-328789)	(71)出願人	000004329 日本ビクター株式会社
(32)優先日	平成12年10月27日(2000.10.27)		神奈川県横浜市神奈川区守屋町3丁目12番地
(33)優先権主張国	日本(JP)	(72)発明者	小石 健二 大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内
		(74)代理人	100062144 弁理士 青山 稔 (外1名)

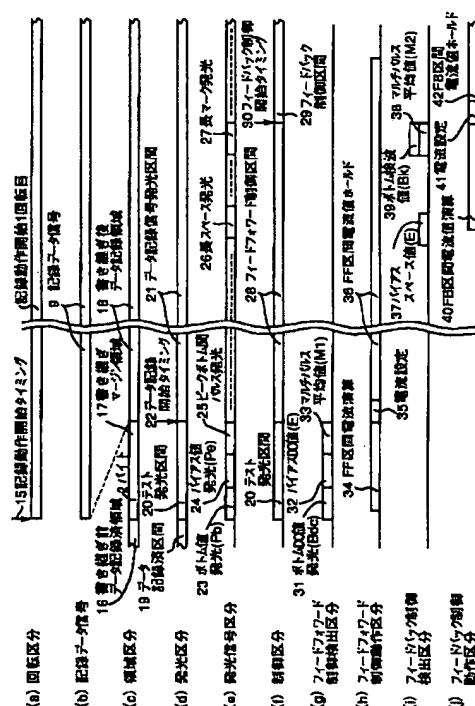
[最終頁に続く](#)

(54) 【発明の名称】 半導体レーザの制御方法及び半導体レーザ制御装置

(57) 【要約】

【課題】 DVD-RやDVD-RW等光ディスクの追記時に書き継ぎしたデータ記録領域の記録始端部の再生振幅が劣化し、信号トラックの振幅の連続性が損なわれるという課題があった。

【解決手段】 フィードフォワード制御により、書き継ぎ記録開始直後から半導体レーザの記録パワーを高速に目標パワー値に整定制御することができ、かつ、データ記録期間中では、フィードバック制御を連続的に動作させることにより、記録動作時間が長くなって半導体レーザの温度特性により目標パワー値に設定する電流値が変化しても、長時間安定に目標記録パワー値に制御維持可能な半導体レーザの制御方法並びに半導体レーザ制御装置を提供することができる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】光ディスク上にデータ信号に応じたマーク領域を記録するために発光する半導体レーザを少なくとも2値以上の光パワー値でデータ信号に応じて変調して得られる光パルスの各光パワー値を制御する方法であって、

データ信号で光パルスを変調し、データ信号を光ディスクに記録するデータ記録信号発光区間の直前に設けられたテスト発光区間では、テスト信号で光パルスを変調し、この光パルスを受光して電気信号に変換した光検出信号と、光パルスの目標パワー値に相当する基準値との差を求め、差が所定値に収束するようにフィードフォワード制御し、半導体レーザに流れる電流値を目標パワー値に相当する値になるようにし、

前記データ記録信号発光区間では、データ信号で変調した光パルスを受光し、電気信号に変換した光検出信号を所定のサンプリング間隔で順次サンプリングしたものと、光パルスの目標パワー値に相当する基準値との差を求め、差が所定値に収束するようにフィードバック制御し、半導体レーザに流れる電流値を目標パワー値に相当する値になるようにすることを特徴とする半導体レーザの制御方法。

【請求項2】光ディスクの記録動作を開始するタイミングから光ヘッドがディスクの1回転目迄トレースする区間に前記テスト発光区間と前記データ記録信号発光区間とを設けたことを特徴とする請求項1記載の半導体レーザの制御方法。

【請求項3】前記テスト発光区間で発光させるテスト発光は連続一定値発光とパルス発光で構成されたことを特徴とする請求項1記載の半導体レーザの制御方法。

【請求項4】前記テスト発光区間で発光させるテスト発光は前記データ記録信号発光区間の記録マーク領域部分で発光させる記録光パルスのピーク値とボトム値との間のレベルで変調されたパルス発光及びボトム値の連続一定値発光及び記録スペース領域部分で発光させるスペース値の連続一定値発光の内で少なくとも2つ以上の発光で構成されたことを特徴とする請求項3記載の半導体レーザの制御方法。

【請求項5】前記データ記録信号発光区間の記録マーク領域部分の記録光パルスは先頭パルスと複数のマルチパルス列で構成されており、この記録マーク領域部分の記録光パルスを受光して電気信号に変換した光検出信号の前記複数のマルチパルス列の平均値のみ、又は前記マルチパルス列の平均値と前記光検出信号のボトム検波値を、記録スペース領域部分では記録光パルスを受光して電気信号に変換した光検出信号のスペース値を順次サンプリングし光パルスの目標パワー値に相当する基準値と逐一比較演算することにより半導体レーザに流れる電流値を目標パワー値になるようにフィードバック制御することを特徴とする請求項1記載の半導体レーザの制御方法。

法。

【請求項6】光ディスクの記録動作を開始するタイミングから前記データ記録信号発光区間が開始するまでの前記テスト発光区間では、光ディスクに記録するデータ信号をバッファメモリに一時的に記憶することの特徴とする請求項1記載の半導体レーザの制御方法。

【請求項7】光ディスク上にデータ信号に応じたマーク領域を記録するために発光する半導体レーザを少なくとも2値以上の光パワー値でデータ信号に応じて変調して得られる光パルスの各光パワー値を制御する方法であって、

データ信号で光パルスを変調し、データ信号を光ディスクに記録するデータ記録信号発光区間の前に設けられた第1のテスト発光区間では、第1のテスト信号で光パルスを変調し、この光パルスを受光して電気信号に変換した光検出信号と、光パルスの目標パワー値に相当する基準値との差を求め、差が所定値に収束するようにフィードフォワード制御し、半導体レーザに流れる電流値を目標パワー値に相当する値になるようにし、

第1のテスト発光区間の後に設けられた第2のテスト発光区間では第2のテスト信号で光パルスを変調し、この光パルスを受光して電気信号に変換した光検出信号を所定のサンプリング間隔で順次サンプリングしたものと、光パルスの目標パワー値に相当する基準値との差を求め、差が所定値に収束するようにフィードバック制御し、半導体レーザに流れる電流値を目標パワー値に相当する値になるようにし、

前記データ記録信号発光区間ではデータ信号で変調した光パルスを受光し、電気信号に変換した光検出信号を所定のサンプリング間隔で順次サンプリングしたものと、光パルスの目標パワー値に相当する基準値との差を求め、差が所定値に収束するようにフィードバック制御し、半導体レーザに流れる電流値を目標パワー値に相当する値になるようにフィードバック制御することを特徴とする半導体レーザの制御方法。

【請求項8】光ディスクの記録動作を開始するタイミングから光ヘッドがディスクの1回転目迄トレースする区間に前記第1及び第2のテスト発光区間を設け、2回転目迄トレースする区間に前記データ記録信号発光区間を設けたことを特徴とする請求項7記載の半導体レーザの制御方法。

【請求項9】前記第1及び第2のテスト発光区間で発光させるテスト発光は連続一定値発光又は及びパルス発光で構成されたことを特徴とする請求項7記載の半導体レーザの制御方法。

【請求項10】前記第1のテスト発光区間で発光させる第1のテスト発光は前記データ記録信号発光区間の記録マーク領域部分で発光させる記録光パルスのピーク値とボトム値との間のレベルで変調されたパルス発光及びボトム値の連続一定値発光及び記録スペース領域部分で発

光させるスペース値の連続一定値発光で構成されたことを特徴とする請求項10記載の半導体レーザの制御方法。

【請求項11】第2のテスト信号はランダムな2値データを特定の変調符号に変換し、さらに記録マーク領域形成に必要な複数レベルの記録パルス発光で構成されたことを特徴とする請求項7記載の半導体レーザの制御方法。

【請求項12】前記データ記録信号発光区間内の記録マーク領域部分の記録光パルスは先頭パルスと複数のマルチパルス列で構成されており、この記録マーク領域部分の記録光パルスを受光して電気信号に変換した光検出信号の前記複数のマルチパルス列の平均値とボトム検波値、及び記録スペース領域部分の記録光パルスを受光して電気信号に変換した光検出信号のスペース値を所定のサンプリング間隔で順次サンプリングし光パルスの目標パワー値に相当する基準値と逐一比較演算することにより半導体レーザに流れる電流値を目標パワー値になるようにフィードバック制御することを特徴とする請求項7記載の半導体レーザの制御方法。

【請求項13】光ディスクの記録動作を開始するタイミングから前記データ記録信号発光区間が開始するまでの前記第1及び第2のテスト発光区間では、光ディスクに記録するデータ信号をバッファメモリに一時的に記憶することを特徴とする請求項7記載の半導体レーザの制御方法。

【請求項14】光ディスク上にデータ信号に応じたマーク領域を記録するために発光する半導体レーザを少なくとも2値以上の光パワー値でデータ信号に応じて変調して得られる光パルスの各光パワー値を制御する方法であって、

データ信号で光パルスを変調し、データ信号を光ディスクに記録するデータ記録信号発光区間の前に設けられた第3のテスト発光区間では、第3のテスト信号で半導体レーザを発光させ、このテスト発光を受光して電気信号に変換した光検出信号を所定のサンプリング間隔で順次サンプリングしたものと、光パルスの目標パワー値に相当する基準値との差を求め、差が所定値に収束するようにフィードバック制御し、半導体レーザに流れる電流値を目標パワー値に相当する値になるようにし、

第3のテスト発光区間の後に設けられた第4のテスト発光区間では、第4のテスト信号で光パルスを変調し、この光パルスを受光して電気信号に変換した光検出信号と、光パルスの目標パワー値に相当する基準値との差を求め、差が所定値に収束するようにフィードバック制御し、半導体レーザに流れる電流値を目標パワー値に相当する値になるようにし、

前記データ記録信号発光区間では、データ信号で変調した光パルスを受光し、電気信号に変換した光検出信号を所定のサンプリング間隔で順次サンプリングしたもの

と、光パルスの目標パワー値に相当する基準値との差を求め、差が所定値に収束するようにフィードバック制御し、半導体レーザに流れる電流値を目標パワー値の相当する値になるようにすることを特徴とする半導体レーザの制御方法。

【請求項15】光ディスクの記録動作を開始するタイミングから光ヘッドがディスクの1回転目迄トレースする区間内に前記第3のテスト発光区間を設け、2回転目迄トレースする区間内に前記第4のテスト発光区間および前記データ記録信号発光区間を設けたことを特徴とする請求項14記載の半導体レーザの制御方法。

【請求項16】前記第3のテスト発光区間で発光させるテスト発光は連続一定値発光であることを特徴とする請求項14記載の半導体レーザの制御方法。

【請求項17】前記第3のテスト発光区間で発光させるテスト発光は前記データ記録信号発光区間の記録マーク領域部分で発光させる記録光パルスのボトム値の連続一定値発光または記録スペース領域部分で発光させるスペース値の連続一定値発光であることを特徴とする請求項16記載の半導体レーザの制御方法。

【請求項18】前記第4のテスト発光区間で発光させるテスト発光は前記データ記録信号発光区間の記録マーク領域部分で発光させる記録光パルスのピーク値とボトム値との間のレベルで変調されたパルス発光で構成されたことを特徴とする請求項14記載の半導体レーザの制御方法。

【請求項19】前記データ記録信号発光区間内の記録マーク領域部分の記録光パルスは先頭パルスと複数のマルチパルス列で構成されており、この記録マーク領域部分の記録光パルスを受光して電気信号に変換した光検出信号の前記複数のマルチパルス列の平均値及び記録スペース領域部分の記録光パルスを受光して電気信号に変換した光検出信号のスペース値を所定のサンプリング間隔で順次サンプリングし光パルスの目標パワー値に相当する基準値と逐一比較演算することにより半導体レーザに流れる電流値を目標パワー値になるようにフィードバック制御することを特徴とする請求項14記載の半導体レーザの制御方法。

【請求項20】光ディスクの記録動作を開始するタイミングから前記データ記録信号発光区間が開始するまでの前記第3及び第4のテスト発光区間では、光ディスクに記録するデータ信号をバッファメモリに一時的に記憶することを特徴とする請求項14記載の半導体レーザの制御方法。

【請求項21】光ディスク上にデータ信号に応じたマーク領域を記録するために発光する半導体レーザを少なくとも2値以上の光パワー値でデータ信号に応じて変調して得られる光パルスの各光パワー値を制御する制御装置であって、

データ信号で光パルスを変調しデータ信号を光ディスク

に記録するデータ記録信号発光区間の直前に設けられたテスト発光区間では、テスト信号で光パルスを変調し、この光パルスを受光して電気信号に変換した光検出信号と、光パルスの目標パワー値に相当する基準値との差を求める手段と、

前記差に基づき半導体レーザに流れる電流値を目標パワー値に相当する値になるように制御するフィードフォワード制御手段と、

前記データ記録信号発光区間では、データ信号で変調した光パルスを受光し、電気信号に変換した光検出信号を所定のサンプリング間隔で順次サンプリングしたものと、光パルスの目標パワー値に相当する基準値との差を求める手段と、

前記差に基づき半導体レーザに流れる電流値を目標パワー値に相当する値になるように制御するフィードバック制御手段とを備えたことを特徴とする半導体レーザの制御装置。

【請求項22】光ディスク上にデータ信号に応じたマーク領域を記録するために発光する半導体レーザを少なくとも2値以上の光パワー値でデータ信号に応じて変調して得られる光パルスの各光パワー値を制御する装置であって、

データ信号で光パルスを変調し、データ信号を光ディスクに記録するデータ記録信号発光区間の前に設けられた第1のテスト発光区間では、第1のテスト信号で光パルスを変調し、この光パルスを受光して電気信号に変換した光検出信号と、光パルスの目標パワー値に相当する基準値との差を求める手段と、

前記差に基づき半導体レーザに流れる電流値を目標パワー値に相当する値になるように制御するフィードフォワード制御手段と、

第1のテスト発光区間の後に設けられた第2のテスト発光区間では、第2のテスト信号で光パルスを変調し、この光パルスを受光して電気信号に変換した光検出信号を所定のサンプリング間隔で順次サンプリングしたものと、光パルスの目標パワー値に相当する基準値との差を求める手段と、

前記差に基づき半導体レーザに流れる電流値を目標パワー値に相当する値になるように制御するフィードバック制御手段と、

前記データ記録信号発光区間では、データ信号で変調した光パルスを受光し、電気信号に変換した光検出信号を所定のサンプリング間隔で順次サンプリングしたものと、光パルスの目標パワー値に相当する基準値との差を求める手段と、

前記差に基づき半導体レーザに流れる電流値を目標パワー値に相当する値になるように制御するフィードバック制御手段とを備えたことを特徴とする半導体レーザの制御装置。

【請求項23】光ディスク上にデータ信号に応じたマー

ク領域を記録するために発光する半導体レーザを少なくとも2値以上の光パワー値でデータ信号に応じて変調して得られる光パルスの各光パワー値を制御する装置であって、

データ信号で光パルスを変調し、データ信号を光ディスクに記録するデータ記録信号発光区間の前に設けられた第3のテスト発光区間では、第3のテスト信号で半導体レーザを発光させ、このテスト発光を受光して電気信号に変換した光検出信号を所定のサンプリング間隔で順次サンプリングしたものと、光パルスの目標パワー値に相当する基準値との差を求める手段と、

前記差に基づき半導体レーザに流れる電流値を目標パワー値に相当する値になるように制御するフィードバック制御手段と、

第3のテスト発光区間の後に設けられた第4のテスト発光区間では、第4のテスト信号で光パルスを変調し、この光パルスを受光して電気信号に変換した光検出信号と、光パルスの目標パワー値に相当する基準値との差を求める手段と、

前記差に基づき半導体レーザに流れる電流値を目標パワー値に相当する値になるように制御するフィードフォワード制御手段と、

前記データ記録信号発光区間では、データ信号で変調した光パルスを受光し、電気信号に変換した光検出信号を所定のサンプリング間隔で順次サンプリングしたものと、光パルスの目標パワー値に相当する基準値との差を求める手段と、

前記差に基づき半導体レーザに流れる電流値を目標パワー値に相当する値になるように制御するフィードバック制御手段とを備えたことを特徴とする半導体レーザの制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は光ディスク上にデータ信号に応じたマーク領域を記録するために発光する半導体レーザの記録光パワーの制御方法及び制御装置に関する。

【0002】

【従来の技術】図8は、従来の半導体レーザ制御装置の構成を示す図である。

【0003】半導体レーザ1で発光された光を、発光レベルをモニタする光検出器2で受光し光電流に変換し、更に電流-電圧変換器3で電圧に変換する。

【0004】再生時は、ライトゲート8の指令によりサンプルホールド回路5はサンプル状態になる。このサンプル状態での検出力と再生パワー設定値7とを、再生パワー電流制御手段6で比較出力することにより、半導体レーザ1の光出力を再生パワー設定値になるようにフィードバック制御する。

【0005】記録時は、ライトゲート8の指令によりサ

ンプルホールド回路5はホールド状態になる。一方記録データ信号9に応じて、ピーク値スイッチング手段10は、ピーク値と前記ホールドされた再生パワー値との間をスイッチングして半導体レーザ1を電流駆動する。

【0006】半導体レーザ1で発光されたパルス光は、光検出器2で受光され、更に電流-電圧変換後に出力波形のピーク値のエンベロープをピーク検波4で検出する。このピーク検波4出力とピークパワー設定値12とを、ピーク値電流制御手段11で比較出力することにより、半導体レーザ1の光パルスのピーク値が、ピークパワー設定値になるようにフィードバック制御する。

【0007】このように構成された従来の半導体レーザ制御回路の要部の信号波形について、図9を用いて説明する。

【0008】図9(a)はライトゲート8であり、13のタイミングで再生状態から記録状態に切替える。図9(b)はピーク検波4出力で、記録状態で受光されたパルス波形のピーク値のエンベロープを検波している状態を図示している。図9(c)は前記ピーク値電流制御手段11でフィードバック制御された光パルスの発光波形を示している。図9(d)はこのようにフィードバック制御された光パルスで、光ディスクのトラックに記録後、再生した再生波形のエンベロープを図示している。

【0009】ここでの光ディスクとはDVD-RやDVD-RW等の光ディスクであり、複数回に分けて追記記録しても、記録済トラックはDVD-ROM等と同じく、信号配列が連続していることが望ましい。つまり書き継ぎしたデータ記録領域の記録始端部が、書き継ぎ前のデータ記録済領域の記録終端部と、再生波形のエンベロープが乱されことなく連続的に継がれていることが望ましい。本発明は、DVD-RやDVD-RW等の光ディスクに適用され、DVD-RAMには適用されない。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら上記のような構成ではフィードバック制御の応答性のために、図9(c)の14に図示したように、発光波形のピーク値がピークパワー設定値に収束するまでの応答時間が発生する。図9(c)の14のような発光波形で光ディスクに記録を行うと図9(d)15のように、再生した再生波形の振幅が発光波形の応答に応じて劣化する。

【0011】このように従来の半導体レーザの制御装置の構成では、書き継ぎしたデータ記録領域の記録始端部の再生振幅が劣化し、DVD-RやDVD-RW等光ディスクの追記時に、信号振幅の連続性が損なわれるという問題点があった。

【0012】本発明は上記問題点に鑑み、DVD-RやDVD-RW等光ディスクの追記書き継ぎ時に、高速に記録光パルスのパワー値を整定制御することにより、再生振幅の劣化防止が可能な半導体レーザ制御方法及び装

置を提供するものである。

【0013】

【課題を解決するための手段】本願の請求項1の発明は、光ディスク上にデータ信号に応じたマーク領域を記録するために発光する半導体レーザを少なくとも2値以上の光パワー値でデータ信号に応じて変調して得られる光パルスの各光パワー値を制御する方法であって、データ信号で光パルスを変調し、データ信号を光ディスクに記録するデータ記録信号発光区間の直前に設けられたテスト発光区間では、テスト信号で光パルスを変調し、この光パルスを受光して電気信号に変換した光検出信号と、光パルスの目標パワー値に相当する基準値との差を求め、差が所定値に収束するようにフィードフォワード制御し、半導体レーザに流れる電流値を目標パワー値に相当する値になるようにし、前記データ記録信号発光区間では、データ信号で変調した光パルスを受光し、電気信号に変換した光検出信号を所定のサンプリング間隔で順次サンプリングしたものと、光パルスの目標パワー値に相当する基準値との差を求め、差が所定値に収束するようにフィードバック制御し、半導体レーザに流れる電流値を目標パワー値に相当する値になるようにすることを特徴とする半導体レーザの制御方法である。

【0014】本願の請求項2の発明は、光ディスクの記録動作を開始するタイミングから光ヘッドがディスクの1回転目迄トレースする区間に前記テスト発光区間と前記データ記録信号発光区間とを設けたことを特徴とする半導体レーザの制御方法である。

【0015】本願の請求項3の発明は、前記テスト発光区間で発光させるテスト発光は連続一定値発光とパルス発光で構成されたことを特徴とする半導体レーザの制御方法である。

【0016】本願の請求項4の発明は、前記テスト発光区間で発光させるテスト発光は前記データ記録信号発光区間の記録マーク領域部分で発光させる記録光パルスのピーク値とボトム値との間のレベルで変調されたパルス発光及びボトム値の連続一定値発光及び記録スペース領域部分で発光させるスペース値の連続一定値発光の内少なくとも2つ以上の発光で構成されたことを特徴とする半導体レーザの制御方法である。

【0017】本願の請求項5の発明は、前記データ記録信号発光区間内の記録マーク領域部分の記録光パルスは先頭パルスと複数のマルチパルス列で構成されており、この記録マーク領域部分の記録光パルスを受光して電気信号に変換した光検出信号の前記複数のマルチパルス列の平均値のみ、又は前記マルチパルス列の平均値と前記光検出信号のボトム検波値を、記録スペース領域部分では記録光パルスを受光して電気信号に変換した光検出信号のスペース値を順次サンプリングし光パルスの目標パワー値に相当する基準値と逐一比較演算することにより半導体レーザに流れる電流値を目標パワー値になるよう

にフィードバック制御することを特徴とする半導体レーザの制御方法である。

【0018】本願の請求項6の発明は、光ディスクの記録動作を開始するタイミングから前記データ記録信号発光区間が開始するまでの前記テスト発光区間では、光ディスクに記録するデータ信号をバッファメモリに一時的に記憶することを特徴とする半導体レーザの制御方法である。

【0019】本願の請求項7の発明は、光ディスク上にデータ信号に応じたマーク領域を記録するために発光する半導体レーザを少なくとも2値以上の光パワー値でデータ信号に応じて変調して得られる光パルスの各光パワー値を制御する方法であって、データ信号で光パルスを変調し、データ信号を光ディスクに記録するデータ記録信号発光区間の前に設けられた第1のテスト発光区間では、第1のテスト信号で光パルスを変調し、この光パルスを受光して電気信号に変換した光検出信号と、光パルスの目標パワー値に相当する基準値との差を求め、差が所定値に収束するようにフィードフォワード制御し、半導体レーザに流れる電流値を目標パワー値に相当する値になるようにし、第1のテスト発光区間の後に設けられた第2のテスト発光区間では第2のテスト信号で光パルスを変調し、この光パルスを受光して電気信号に変換した光検出信号を所定のサンプリング間隔で順次サンプリングしたものと、光パルスの目標パワー値に相当する基準値との差を求め、差が所定値に収束するようにフィードバック制御し、半導体レーザに流れる電流値を目標パワー値に相当する値になるようにし、前記データ記録信号発光区間ではデータ信号で変調した光パルスを受光し、電気信号に変換した光検出信号を所定のサンプリング間隔で順次サンプリングしたものと、光パルスの目標パワー値に相当する基準値との差を求め、差が所定値に収束するようにフィードバック制御し、半導体レーザに流れる電流値を目標パワー値に相当する値になるようにフィードバック制御することを特徴とする半導体レーザの制御方法である。

【0020】本願の請求項8の発明は、光ディスクの記録動作を開始するタイミングから光ヘッドがディスクの1回転目迄トレースする区間内に前記第1及び第2のテスト発光区間を設け、2回転目迄トレースする区間内に前記データ記録信号発光区間を設けたことを特徴とする半導体レーザの制御方法である。

【0021】本願の請求項9の発明は、前記第1及び第2のテスト発光区間で発光させるテスト発光は連続一定値発光又は及びパルス発光で構成されたことを特徴とする半導体レーザの制御方法である。

【0022】本願の請求項10の発明は、前記第1のテスト発光区間で発光させる第1のテスト発光は前記データ記録信号発光区間の記録マーク領域部分で発光させる記録光パルスのピーク値とボトム値との間のレベルで変

調されたパルス発光及びボトム値の連続一定値発光及び記録スペース領域部分で発光させるスペース値の連続一定値発光で構成されたことを特徴とする半導体レーザの制御方法である。

【0023】本願の請求項11の発明は、第2のテスト信号はランダムな2値データを特定の変調符号に変換し、さらに記録マーク領域形成に必要な複数レベルの記録パルス発光で構成されたことを特徴とする半導体レーザの制御方法である。

【0024】本願の請求項12の発明は、前記データ記録信号発光区間内の記録マーク領域部分の記録光パルスは先頭パルスと複数のマルチパルス列で構成されており、この記録マーク領域部分の記録光パルスを受光して電気信号に変換した光検出信号の前記複数のマルチパルス列の平均値とボトム検波値、及び記録スペース領域部分の記録光パルスを受光して電気信号に変換した光検出信号のスペース値を所定のサンプリング間隔で順次サンプリングし光パルスの目標パワー値に相当する基準値と逐一比較演算することにより半導体レーザに流れる電流値を目標パワー値になるようにフィードバック制御することを特徴とする半導体レーザの制御方法である。

【0025】本願の請求項13の発明は、光ディスクの記録動作を開始するタイミングから前記データ記録信号発光区間が開始するまでの前記第1及び第2のテスト発光区間では、光ディスクに記録するデータ信号をバッファメモリに一時的に記憶することを特徴とする半導体レーザの制御方法である。

【0026】本願の請求項14の発明は、光ディスク上にデータ信号に応じたマーク領域を記録するために発光する半導体レーザを少なくとも2値以上の光パワー値でデータ信号に応じて変調して得られる光パルスの各光パワー値を制御する方法であって、データ信号で光パルスを変調し、データ信号を光ディスクに記録するデータ記録信号発光区間の前に設けられた第3のテスト発光区間では、第3のテスト信号で半導体レーザを発光させ、このテスト発光を受光して電気信号に変換した光検出信号を所定のサンプリング間隔で順次サンプリングしたものと、光パルスの目標パワー値に相当する基準値との差を求め、差が所定値に収束するようにフィードバック制御し、半導体レーザに流れる電流値を目標パワー値に相当する値になるようにし、第3のテスト発光区間の後に設けられた第4のテスト発光区間では、第4のテスト信号で光パルスを変調し、この光パルスを受光して電気信号に変換した光検出信号と、光パルスの目標パワー値に相当する基準値との差を求め、差が所定値に収束するようにフィードフォワード制御し、半導体レーザに流れる電流値を目標パワー値に相当する値になるようにし、前記データ記録信号発光区間では、データ信号で変調した光パルスを受光し、電気信号に変換した光検出信号を所定のサンプリング間隔で順次サンプリングしたものと、光

パルスの目標パワー値に相当する基準値との差を求め、差が所定値に収束するようにフィードバック制御し、半導体レーザに流れる電流値を目標パワー値の相当する値になるようにすることを特徴とする半導体レーザの制御方法である。

【0027】本願の請求項15の発明は、光ディスクの記録動作を開始するタイミングから光ヘッドがディスクの1回転目迄トレースする区間に前記第3のテスト発光区間を設け、2回転目迄トレースする区間に前記第4のテスト発光区間および前記データ記録信号発光区間を設けたことを特徴とする半導体レーザの制御方法である。

【0028】本願の請求項16の発明は、前記第3のテスト発光区間で発光させるテスト発光は連続一定値発光であることを特徴とする半導体レーザの制御方法である。

【0029】本願の請求項17の発明は、前記第3のテスト発光区間で発光させるテスト発光は前記データ記録信号発光区間の記録マーク領域部分で発光させる記録光パルスのボトム値の連続一定値発光または記録スペース領域部分で発光させるスペース値の連続一定値発光であることを特徴とする半導体レーザの制御方法である。

【0030】本願の請求項18の発明は、前記第4のテスト発光区間で発光させるテスト発光は前記データ記録信号発光区間の記録マーク領域部分で発光させる記録光パルスのピーク値とボトム値との間のレベルで変調されたパルス発光で構成されたことを特徴とする半導体レーザの制御方法である。

【0031】本願の請求項19の発明は、前記データ記録信号発光区間の記録マーク領域部分の記録光パルスは先頭パルスと複数のマルチパルス列で構成されており、この記録マーク領域部分の記録光パルスを受光して電気信号に変換した光検出信号の前記複数のマルチパルス列の平均値及び記録スペース領域部分の記録光パルスを受光して電気信号に変換した光検出信号のスペース値を所定のサンプリング間隔で順次サンプリングし光パルスの目標パワー値に相当する基準値と逐一比較演算することにより半導体レーザに流れる電流値を目標パワー値になるようにフィードバック制御することを特徴とする半導体レーザの制御方法である。

【0032】本願の請求項20の発明は、光ディスクの記録動作を開始するタイミングから前記データ記録信号発光区間が開始するまでの前記第3及び第4のテスト発光区間では、光ディスクに記録するデータ信号をバッファメモリに一時的に記憶することを特徴とする半導体レーザの制御方法である。

【0033】本願の請求項21の発明は、光ディスク上にデータ信号に応じたマーク領域を記録するために発光する半導体レーザを少なくとも2値以上の光パワー値でデータ信号に応じて変調して得られる光パルスの各光パ

ワー値を制御する制御装置であって、データ信号で光パルスを変調しデータ信号を光ディスクに記録するデータ記録信号発光区間の直前に設けられたテスト発光区間では、テスト信号で光パルスを変調し、この光パルスを受光して電気信号に変換した光検出信号と、光パルスの目標パワー値に相当する基準値との差を求める手段と、前記差に基づき半導体レーザに流れる電流値を目標パワー値に相当する値になるように制御するフィードフォワード制御手段と、前記データ記録信号発光区間では、データ信号で変調した光パルスを受光し、電気信号に変換した光検出信号を所定のサンプリング間隔で順次サンプリングしたものと、光パルスの目標パワー値に相当する基準値との差を求める手段と、前記差に基づき半導体レーザに流れる電流値を目標パワー値に相当する値になるように制御するフィードバック制御手段とを備えたことを特徴とする半導体レーザの制御装置である。

【0034】本願の請求項22の発明は、光ディスク上にデータ信号に応じたマーク領域を記録するために発光する半導体レーザを少なくとも2値以上の光パワー値でデータ信号に応じて変調して得られる光パルスの各光パワー値を制御する装置であって、データ信号で光パルスを変調し、データ信号を光ディスクに記録するデータ記録信号発光区間の前に設けられた第1のテスト発光区間では、第1のテスト信号で光パルスを変調し、この光パルスを受光して電気信号に変換した光検出信号と、光パルスの目標パワー値に相当する基準値との差を求める手段と、前記差に基づき半導体レーザに流れる電流値を目標パワー値に相当する値になるように制御するフィードフォワード制御手段と、第1のテスト発光区間の後に設けられた第2のテスト発光区間では、第2のテスト信号で光パルスを変調し、この光パルスを受光して電気信号に変換した光検出信号を所定のサンプリング間隔で順次サンプリングしたものと、光パルスの目標パワー値に相当する基準値との差を求める手段と、前記差に基づき半導体レーザに流れる電流値を目標パワー値に相当する値になるように制御するフィードバック制御手段と、前記データ記録信号発光区間では、データ信号で変調した光パルスを受光し、電気信号に変換した光検出信号を所定のサンプリング間隔で順次サンプリングしたものと、光パルスの目標パワー値に相当する基準値との差を求める手段と、前記差に基づき半導体レーザに流れる電流値を目標パワー値に相当する値になるように制御するフィードバック制御手段とを備えたことを特徴とする半導体レーザの制御装置である。

【0035】本願の請求項23の発明は、光ディスク上にデータ信号に応じたマーク領域を記録するために発光する半導体レーザを少なくとも2値以上の光パワー値でデータ信号に応じて変調して得られる光パルスの各光パワー値を制御する装置であって、データ信号で光パルスを変調し、データ信号を光ディスクに記録するデータ記

録信号発光区間の前に設けられた第3のテスト発光区間では、第3のテスト信号で半導体レーザを発光させ、このテスト発光を受光して電気信号に変換した光検出信号を所定のサンプリング間隔で順次サンプリングしたものと、光パルスの目標パワー値に相当する基準値との差を求める手段と、前記差に基づき半導体レーザに流れる電流値を目標パワー値に相当する値になるように制御するフィードバック制御手段と、第3のテスト発光区間の後に設けられた第4のテスト発光区間では、第4のテスト信号で光パルスを変調し、この光パルスを受光して電気信号に変換した光検出信号と、光パルスの目標パワー値に相当する基準値との差を求める手段と、前記差に基づき半導体レーザに流れる電流値を目標パワー値に相当する値になるように制御するフィードバック制御手段と、前記データ記録信号発光区間では、データ信号で変調した光パルスを受光し、電気信号に変換した光検出信号を所定のサンプリング間隔で順次サンプリングしたものと、光パルスの目標パワー値に相当する基準値との差を求める手段と、前記差に基づき半導体レーザに流れる電流値を目標パワー値に相当する値になるように制御するフィードバック制御手段とを備えたを特徴とする半導体レーザの制御装置である。

【0036】

【発明の実施の形態】以下本発明の実施の形態について、図面を参照しながら説明する。

【0037】（実施の形態1）図1は本発明の半導体レーザの制御方法の実施の形態1の動作シーケンスを説明する図である。DVD-RやDVD-RW等の光ディスクの書き継ぎ記録時の半導体レーザの制御動作を時系列に説明している。

【0038】図1(a)は、光ディスクの回転区分を現しており、記録動作開始タイミング15から、1回転目に以下図(b)～(j)に説明する制御動作が完了する。

【0039】図1(b)は、光ディスクに記録されるユーザの記録データ信号を現しており、記録動作開始タイミング15と同時に、図示はしていないがホストコンピュータ等から送出されてくる。

【0040】図1(c)は、光ディスク上での記録領域区分を現している。記録動作開始タイミング15より前は、書き継ぎ記録前データ記録済領域16で構成されており、記録動作開始タイミング15より後の領域は、書き継ぎマージン領域17と書き継ぎ記録後データ記録領域18で構成されている。

【0041】書き継ぎマージン領域17は、追記記録書き継ぎ時に半導体レーザのパワーの整定のために、フォーマット上設けられた2バイト程度の領域である。この書き継ぎマージン領域17内で、半導体レーザの記録パワーを再生信号に十分な振幅に達するように整定する必要がある。

【0042】図1(d)は、光ディスク上での半導体レーザ1の発光区分を現している。記録動作開始タイミング15前はデータ記録済領域19で構成されている。記録動作開始タイミング15後は、前書き継ぎマージン領域17内で、半導体レーザのフィードフォワード制御をおこなうためのテスト発光区間20と、ユーザの記録データ信号を記録するために半導体レーザの発光を行うデータ記録信号発光区間21で構成されている。

【0043】図1(b)のように、記録データ信号9は、記録動作開始タイミング15と同時にホストコンピュータ等から送出されてくるが、光ディスク上に実際に記録データ信号9が記録開始されるタイミングは、データ記録開始タイミング22である。

【0044】このように記録動作開始タイミング15と実際のデータ記録開始タイミング22に時間遅延が生じるために、テスト発光区間20中は記録データ信号9を一時的に記憶しておくFIFOメモリ等を用いたバッファメモリを備えておく必要がある。

【0045】図1(e)は、光ディスク上での半導体レーザ1の実際の発光信号区分を現している。まず、テスト発光区間20内ではDVD-RWでは3種類、DVD-Rでは2種類の波形でテスト発光をおこなう。

【0046】すなわち、DVD-RWでは記録ストラテジーで定義されている記録パルスのボトム値23(Pb)の一定値発光と、記録符号のスペース部分であるバイアス値の一定値発光(Pe)24と、記録符号のマーク部分で記録パルスのピーク値とボトム値間のパルス発光25の3種類で構成されている。

【0047】一方、DVD-Rでは記録ストラテジーで定義されている記録パルスのボトム値23(Pb)の一定値発光と、記録符号のマーク部分で記録パルスのピーク値とボトム値間のパルス発光25の2種類で構成されている。DVD-Rでは記録符号のスペース部分であるバイアス値は、記録パルスのボトム値23と同じレベルである。

【0048】次に、データ記録信号発光区間21での発光信号について説明する。この区間で記録される記録データ信号9は記録前にスクランブルされているために、ほぼランダム信号とみなせる。したがって8/16変調符号で変換後、光ディスクに記録発光される信号の内、比較的長いマーク長の部分の発光27(例えば10T以上)と、比較的長いスペース長の部分の発光26(例えば10T以上)とを、後述するフィードバック制御を行うための検出信号として選択使用する。

【0049】比較的長いマーク長又はスペース長の部分の発光を検出信号として選択使用する理由は、後述するマルチパルス平均値検出やボトム検波の信号処理回路に必要な周波数特性が比較的容易に実現可能なためである。

【0050】しかしながら、比較的長いマーク長又はス

ベース長の部分の発光位置は、データ記録信号発光区間21ではほぼランダム信号近いので、発光位置は確率的にしか決定できず、かつその発光確率も低い。例えば10T以上のマーク長又はスペース長の発生確率は約2%である。

【0051】図1(f)は、光ディスク上での半導体レーザ1の制御区分を現している。テスト発光区間20で発光信号を検出して、光パルスの目標パワー値に相当する基準値と予め比較演算して半導体レーザに流れる電流値を目標パワー値になるように、フィードフォワード制御区間28でフィードフォワード制御する。

【0052】長スペース発光26と長マーク発光27の1組が検出される毎に、光パルスの目標パワー値に相当する基準値と逐一比較演算することにより、半導体レーザに流れる電流値を目標パワー値になるように、フィードバック制御区間29で連続的にフィードバック制御する。

【0053】フィードバック制御開始タイミング30は、長スペース発光26と長マーク発光27とを少なくとも1組検出し、図5のステップ76(後で説明する)のデータホールドがなされた後、決定する。1組ではなく、複数組検出して、平均値を取り、その後でフィードバック制御開始タイミング30を決定するようにしても良い。前述したように、比較的長いマーク長又はスペース長の発光位置は確率的にしか決定できず、かつその発光確率も低いため、フィードバック制御開始タイミング30は、記録データ信号9の内容によって確率的にしか決まらない。

【0054】図1(g)は、光ディスク上でのフィードフォワード制御時の検出区分を現している。前述した図1(e)の発光信号区分に応じて検出信号を説明する。

【0055】まず、DVD-RWではボトム値の一定値発光(Pb)23部分では、ボトムDC値(Bdc)31を検出する。バイアス値の一定値発光(Pe)24部分では、バイアスDC値(E)32を検出する。ピーク値とボトム値間のパルス発光25部分では、複数のマルチパルス列部分の平均値(M1)33を検出する。

【0056】一方、DVD-Rではバイアス値の一定値発光(Pe)24部分がないので、ボトムDC値(Bdc)31と、マルチパルス平均値(M1)33の2種類を検出する。

【0057】図1(h)は、光ディスク上でのフィードフォワード制御時の制御動作区分を現している。

【0058】まず、テスト発光区間20内では、検出したテスト信号と、光パルスの目標パワー値に相当する基準値と比較して、半導体レーザに流れる電流値を目標パワー値になるように予め比較演算するフィードフォワード(FF)区間電流値演算34の区間を設けている。次に演算した電流値を半導体レーザに設定する電流設定35の区間、更にフィードバック制御開始タイミング30

まで、FF制御で設定した電流値を保持しておくFF区間電流値ホールド36の区間を設けている。

【0059】このように、データ記録開始の前に、テスト発光で検出した信号で予めFF制御することにより、データ記録開始直後から半導体レーザの記録パワーを高速に目標パワー値に整定制御することができ、書き継ぎ時の再生振幅の劣化を防止することができる。

【0060】図1(i)は、光ディスク上でのフィードバック制御時の検出区分を現している。ここでは、図1(e)の発光信号区分に応じて検出信号を説明する。

【0061】まず、DVD-RWでは、長スペース発光26部分では、記録符号のスペース部分であるバイアス・スペース値(E)37を検出する。長マーク発光27部分では、記録符号のマーク部分のマルチパルス平均値(M2)38と、記録符号のマーク部分のボトム値のエンベロープを検出するボトム検波(Bk)39とで半導体レーザの発光パワー値を検出する。

【0062】一方、DVD-Rでは、マーク部分のボトム値とスペース部分のパワー値は等しいため、ボトム値部分の検出は不要である。すなわち、長スペース発光26部分では、スペース値(E)37を検出し、長マーク発光27部分では、記録符号のマーク部分のマルチパルス平均値(M2)38の2種類を検出する。

【0063】図1(j)は、光ディスク上でのフィードバック制御時の制御動作区分を現している。

【0064】まず、長スペース発光26と長マーク発光27の1組の発光信号を37~39の検出信号で検出する毎に、検出したテスト信号と、光パルスの目標パワー値に相当する基準値と比較して、半導体レーザに流れる電流値を目標パワー値になるように逐一演算するフィードバック(FB)区間電流値演算40の区間を設けている。次に今回FB演算した電流値を半導体レーザに設定する電流設定41の区間を設けている。更に次のフィードバック制御による電流設定まで、今回FB制御で設定した電流値を保持しておくFB区間電流値ホールド42の区間を設けている。

【0065】このように記録動作が続く限り、長スペース発光26と長マーク発光27の1組の発光信号を検出する毎に、40~42の演算/電流設定/電流値ホールドの一連のFB制御を連続的に動作させる。

【0066】このように、FF制御の後に連続FB制御に切替えることにより、記録動作時間が長くなって、半導体レーザの温度特性により目標パワー値に設定する電流値が変化しても、長時間安定に目標記録パワー値に制御維持可能である。

【0067】以上説明したように、実施の形態1の半導体レーザ制御方法によれば、テスト発光でフィードフォワード制御を行い、次にフィードバック制御に切り換えることにより、データ記録開始直後から半導体レーザの記録パワーを高速に目標パワー値に整定制御して、書き

継ぎ時の再生振幅の劣化を防止し、更に、記録動作時間が長くなって、半導体レーザの温度特性により目標パワー値に設定する電流値が変化しても、長時間安定に目標記録パワー値に制御することができる。

【0068】図2は本発明の実施の形態1の半導体レーザ制御装置の構成を説明する図である。半導体レーザ1で発光された光パルスを、発光レベルをモニタする光検出器2で受光し光電流に変換し、電流-電圧変換器3で電圧波形に変換する。

【0069】次に、変換された受光波形をサンプルホールド回路SH1に入力する。サンプルホールド回路SH1では、発光波形に応じて決定されたサンプリングパルスT1、T2、T3の各々のタイミングで、テスト発光区間20内のボトムDC値(Bdc)31、バイアスDC値(E)32と、データ記録信号発光区間21内の長スペース部のバイアス・スペース値(E)37とをサンプルホールドする。

【0070】また、変換された受光波形をローパスフィルター(LPF)43に入力する。ローパスフィルター43は、ピークボトム間パルス発光25や長マーク発光27のマルチパルス部分の平均値を検出するために平滑化可能な遮断周波数特性に設定する。

【0071】次に、ローパスフィルター(LPF)43の出力をサンプルホールド回路SH2に入力する。サンプルホールド回路SH2では、発光波形に応じて決定されたサンプリングパルスT4、T5の各々のタイミングで、テスト発光区間20内のマルチパルス平均値(M1)33と、データ記録信号発光区間21内の長マーク部のマルチパルス平均値(M2)38とをサンプルホールドする。

【0072】更に変換された受光波形をボトム検波回路44に入力する。ボトム検波回路44では、記録符号のマーク部分のボトム値のエンベロープ検出が可能な時定数に設定する。そして、ボトム検波回路44出力をサンプルホールド回路SH3に入力する。サンプルホールド回路SH3では、発光波形に応じて決定されたサンプリングパルスT6のタイミングで、データ記録信号発光区間21内の長マーク部のボトム検波値(Bk)39をサンプルホールドする。

【0073】次に、サンプルホールド回路SH1、SH2、SH3の各々の出力をADコンバータAD1、AD2、AD3に入力し、デジタルデータに変換する。そして変換されたデジタルデータを、演算プロセッサ(DSP)45に、各々スペース値データ(E)またはボトムDC値データ(Bdc)、マルチパルス平均値データ(M)、ボトム検波値データ(Bk)として入力する。

【0074】次に、演算プロセッサ(DSP)45の動作について説明する。まず、テスト発光区間20内では、検出した3種または2種のテスト信号と、光パルスの目標パワー値に相当する基準値と比較して、半導体レ

ーザ1に流すピーク電流値Ip、バイアス電流値Ie、ボトム電流値Ibが目標パワー値になるように予め比較演算して決定するフィードフォワード制御を行う。そして、決定された電流値はフィードバック制御開始タイミング30まで、保持しておく。

【0075】次に、データ記録信号発光区間21では、長スペース発光26と長マーク発光27の1組の発光信号を検出する毎に、検出したテスト信号と、光パルスの目標パワー値に相当する基準値と比較して、半導体レーザ1に流すピーク電流値Ip、バイアス電流値Ie、ボトム電流値Ibが目標パワー値になるように逐一演算するフィードバック制御を行う。

【0076】そして、次のフィードバック制御による電流設定まで、今回フィードバック制御で設定した電流値を保持しておく。このように記録動作が続く限り、長スペース発光26と長マーク発光27の1組の発光信号を検出する毎に、フィードバック制御を連続的に行う。

【0077】尚、演算プロセッサ(DSP)45の詳しい演算方法については、図4、図5を用いて後で詳しく説明する。

【0078】演算プロセッサ(DSP)45より出力されたピーク電流値の演算データは、DAコンバータDAC1に入力され、アナログの電流値に変換される。そして、ピーク値スイッチング手段46に入力され、ピーク値変調信号49に応じて、パルス電流にスイッチングして半導体レーザ1を電流駆動する。

【0079】また、演算プロセッサ(DSP)45より出力されたバイアス電流値の演算データは、DAコンバータDAC2に入力され、アナログの電流値に変換される。そして、バイアス値スイッチング手段47に入力され、バイアス値変調信号50に応じて、パルス電流にスイッチングして半導体レーザ1を同様に電流駆動する。

【0080】更に、演算プロセッサ(DSP)45より出力されたボトム電流値の演算データは、DAコンバータDAC3に入力され、アナログの電流値に変換される。そして、ボトム値スイッチング手段48に入力され、ボトム値変調信号51に応じて、パルス電流にスイッチングして半導体レーザ1を同様に電流駆動する。

【0081】パルス分配器52は、8/16変調された記録信号を、前記ピーク値変調信号49、バイアス値変調信号50、ボトム値変調信号51に分配し、各ピーク値スイッチング手段46、バイアス値スイッチング手段47、ボトム値スイッチング手段48に入力し、半導体レーザ1をスイッチングする。

【0082】バッファメモリ53は、図1で説明したように、記録動作開始タイミング15と実際のデータ記録開始タイミング22に時間遅延が生じるために、テスト発光区間20中は、記録データ信号9を一時的に記憶しておくFIFOメモリ等で構成されている。

【0083】テスト発光区間20では、テスト信号発生

器54で生成されたテスト信号がパルス分配器52に入力される。テスト信号は、図3に示すボトム値の一定値発光(Pb)23と、バイアス値の一定値発光(Pe)24、ピーク・ボトム値間のパルス発光25が含まれる信号である。パルス分配器52は、テスト発光区間20では、これら3種の信号、すなわちボトム値信号23、バイアス値信号24、ピーク・ボトム値間信号25に基づき、ボトム値変調信号51(図3(h))、バイアス変調信号50(図3(i))、ピーク値変調信号49(図3(g))を生成し、それぞれスイッチ48、47、46へ送り、スイッチ48、47、46のオン・オフのタイミングの制御を行う。

【0084】以上説明した図2の構成において、要部の信号波形を図3で図示しながら、その動作についてさらに詳しく説明する。

【0085】図3(a)は、テスト発光区間20とデータ記録信号発光区間21での検出信号の区分を現している。一方、図3(b)は、テスト発光区間20とデータ記録信号発光区間21での検出される発光波形を現している。

【0086】まず、テスト発光区間20において、発光波形(b)と検出信号の区分(a)について説明をする。

【0087】DVD-RWディスクでは、ボトム値の一定値発光(Pb)23の部分で、ボトムDC値(Bdc)31を検出する。バイアス値の一定値発光(Pe)24の部分では、バイアスDC値(E)32を検出する。ピーク・ボトム値間のパルス発光25の部分では、複数のマルチパルス列部分の平均値(M1)33を検出する。このように検出されたボトムDC値(Bdc)31、バイアスDC値(E)32、マルチパルス列部分の平均値(M1)33は、AD変換され、演算プロセッサ(DSP)45に入力される。

【0088】一方、DVD-Rではバイアス値の一定値発光(Pe)24部分がないので、ボトムDC値(Bdc)31と、マルチパルス平均値(M1)33の2種類を検出する。このように検出されたボトムDC値(Bdc)31、マルチパルス列部分の平均値(M1)33は、AD変換され、演算プロセッサ(DSP)45に入力される。

【0089】次に、データ記録信号発光区間21での発光波形(b)と検出信号の区分(a)について説明をする。

【0090】DVD-RWでは、長スペース発光26部分で、記録符号のスペース部分であるバイアス・スペース値(E)37を検出する。長マーク発光27部分では、記録符号のマーク部分のマルチパルス平均値(M2)38と、記録符号のマーク部分のボトム値のエンベロープを検出するボトム検波(Bk)39とで半導体レーザの発光パワー値を検出する。

【0091】一方、DVD-Rでは、マーク部分のボトム値とスペース部分のパワー値は等しいため、ボトム値部分の検出は不要である。すなわち、長スペース発光26部分では、スペース値(E)37を検出し、長マーク発光27部分では、記録符号のマーク部分のマルチパルス平均値(M2)38の2種類を検出する。

【0092】ここで、データ記録信号発光区間21で長スペース発光26、長マーク発光27の発光波形でパワー検出を行う理由について説明する。

【0093】データ記録信号発光区間21で記録される記録データ信号9は記録前にスクランブルされているために、ほぼランダム信号とみなせる。したがって8/16変調符号で変換後、光ディスクに記録発光される信号の内、比較的長いマーク長の部分の発光27(例えば10T以上)と、比較的長いスペース長の部分の発光26(例えば10T以上)とを、フィードバック制御を行うための検出信号として選択使用する。

【0094】比較的長いマーク長又はスペース長の部分の発光を検出信号として選択使用する理由は、後述するマルチパルス平均値検出やボトム検波の信号処理回路に必要な周波数特性が比較的容易に実現可能なためである。

【0095】しかしながら、比較的長いマーク長又はスペース長の部分の発光位置は、データ記録信号発光区間21ではほぼランダム信号なので、発光位置は確率的にしか決定できず、かつその発光確率も低い。例えば10T以上のマーク長又はスペース長の発生確率は約2%である。

【0096】このような理由により、データ記録開始タイミング22でフィードバック制御のみで、高速に目標記録パワーに制御設定するのは困難である。従って、データ記録開始タイミング22直後は、フィードフォワード制御を行い、長マーク及び長スペースの発光が出現したのちに、フィードバック制御に切り換えるのが良い方法である。

【0097】図3(c)は光検出器2で受光し、電流-電圧変換器3でパルス電圧に変換されたパルス光のモニタ波形である。光検出器2の応答性の影響により、図3(b)の発光波形より若干周波数特性が劣化した波形になっている。

【0098】図3(d)は、ローパスフィルター43の出力波形である。ピークボトム間パルス発光25や長マーク発光27のマルチパルス部分の平均値を検出するために、マルチ部分が平滑化できるな遮断周波数特性に設定する。

【0099】図3(e)は、ボトム検波回路44の出力波形である。記録符号のマーク部分のボトム値の下側エンベロープの検出が可能な時定数に設定する。

【0100】図3(f)は、SH1、SH2、SH3各サンプルホールド回路のサンプリングを行うタイミング

T1～T6を説明する図である。

【0101】まず、テスト発光区間20での検出タイミングについて説明する。ボトムDC値(Bdc)31の検出は、サンプルホールド回路SH1で行い、図3(c)の受光波形をサンプリングタイミングT1でサンプリングして検出する。バイアスDC値(E)32の検出は、サンプルホールド回路SH1で行い、図3(c)の受光波形をサンプリングタイミングT2でサンプリングして検出する。マルチパルス平均値(M1)33の検出は、サンプルホールド回路SH2で行い、図3(d)のマルチパルス平均値検出波形をサンプリングタイミングT4でサンプリングして検出する。

【0102】次に、データ記録信号発光区間21での検出タイミングについて説明する。長マーク発光27部分のマルチパルス平均値(M2)38の検出は、サンプルホールド回路SH2で行い、図3(d)のマルチパルス平均値検出波形をサンプリングタイミングT5でサンプリングして検出する。長マーク発光27部分のボトム検波(Bk)39の検出は、サンプルホールド回路SH3で行い、図3(e)のボトム検波出力波形をサンプリングタイミングT6でサンプリングして検出する。

【0103】一方、長スペース発光26部分のスペース値(E)37の検出は、サンプルホールド回路SH1で行い、図3(c)の受光波形をサンプリングタイミングT3でサンプリングして検出する。

【0104】図3(g)はピーク値変調信号49で、ピーク値のパワーレベルに半導体レーザ1を光パルス駆動するタイミング時のみハイレベルになり、ピーク値スイッチング手段46を駆動する。図3(h)はボトム値変調信号波形51で、ボトム値のパワーレベル以上に光パルスを駆動するタイミング時にハイレベルになり、ボトム値スイッチング手段48を駆動する。図3(i)はバイアス値変調信号波形50で、バイアス値のパワーレベルに半導体レーザ1を光パルス駆動するタイミング時のみハイレベルになり、バイアス値スイッチング手段47を駆動する。図3(b)はこのような3つの変調信号で駆動された半導体レーザ1の発光光パルス波形であり、図3(g)、(h)、(i)に応じて3値に光変調された波形を示している。

【0105】以上説明したように、実施の形態2の半導体レーザ制御装置によれば、テスト発光区間では、ボトムDC値、バイアスDC値、マルチパルス平均値を検出して、フィードフォワード制御することにより、データ記録開始直後から半導体レーザの記録パワーを高速に目標パワー値に整定制御することができ、その後のデータ記録信号発光区間では、長マーク発光毎にマルチパルス平均値とボトム検波値を検出し、長スペース発光毎にスペース値(E)を検出して、フィードバック制御を連続的に動作させることにより、記録動作時間が長くなって半導体レーザの温度特性により目標パワー値に設定する

電流値が変化しても、長時間安定に目標記録パワー値に制御維持可能である。

【0106】次に図4を用いて、テスト発光区間20におけるフィードフォワード制御時の演算プロセッサ(DSP)45の演算方法について説明する。

【0107】まず、図3(f)のサンプリングパルスT2により、ADコンバータAD1からボトムDC値(Bdc)31を得、サンプリングパルスT1により、ADコンバータAD1からバイアスDC値(E)32を得、サンプリングパルスT4により、ADコンバータAD2からマルチパルス平均値(M1)33を得る(55)。このようにして得られたボトムDC値(Bdc)31、バイアスDC値(E)32、マルチパルス平均値(M1)33は、演算プロセッサ(DSP)45に入力される(56)。

【0108】次に、テスト発光区間20におけるピーク・ボトム値パルス発光部分のマルチパルス部(図3(b)25)のピーク値のデューティ(d)を入力する(57)。

【0109】図3(d)に示すように、タイミングパルスT4で得られる値は、マルチパルスの平均値(M)であって、ピーク値(P)でないで、平均値(M)をピーク値(P)に変換する必要がある。以上説明した入力データを用いて、マルチパルス部のピーク値(P)の受光出力を演算により求めることができる。つまり、ピーク値(P)を未知数とすると、以下の式を演算することにより、未知数Pが求まる(58)。

$$【0110】M = P \cdot d + Bdc \cdot (1 - d)$$

$$\text{従って、} P = \{M - Bdc \cdot (1 - d)\} / d$$

次に、制御目標値であるピークパワー設定値(Pref)、バイアスパワー設定値(Eref)、ボトムパワー設定値(Bref)を入力する(59)。これらの目標値(Pref)、(Eref)、(Bref)は、予め決められた値であり、演算プロセッサ(DSP)45に予め記録されている。そして、ステップ58で求めたピーク値(P)、ステップ55で求めたボトムDC値(Bdc)およびバイアスDC値(E)をそれぞれステップ59で入力された各パワー設定値(Pref)、(Eref)、(Bref)と比較し、その差分値 ΔP 、 ΔE 、 ΔB を各々演算する(60)。

$$【0111】\Delta P = P - Pref$$

$$\Delta E = E - Eref$$

$$\Delta B = B - Bref$$

60の演算によって求めた差分値 ΔP 、 ΔE 、 ΔB と、現在のモニタ受光波形のピーク値Pと、ボトム値Bdc、バイアス値Eを各々加算して、半導体レーザ1に流す電流値データに変換する(61)。これにより、差分値 ΔP 、 ΔE 、 ΔB が、所定値、例えばゼロに収束するように制御する。

【0112】即ち、電流変換係数をK、ピーク値電流デ

ータを I_p 、ボトム値電流データを I_b 、バイアス値電流データを I_e とすると、以下のように求まる。

$$【0113】 I_p = K(P + \Delta P)$$

$$I_e = K(E + \Delta E)$$

$$I_b = K(B_{dc} + \Delta B)$$

このようにして求まったピーク値電流データ I_p をDAコンバータDAC1、バイアス電流データ I_b をDAコンバータDAC2、ボトム値電流データ I_b をDAコンバータDAC3へ各々出力する(62)。

【0114】DAコンバータDAC1、DAC2、DAC3の電流データは、フィードフォワード制御に用いられる。すなわち、ピーク値 P と、ボトム値 B_{dc} 、バイアス値 E は、それぞれ、予め決められた目標値 P_{ref} 、 B_{ref} 、 E_{ref} になるような制御が行われる。この、フィードフォワード制御は、少なくとも1組の長スペース発光26と長マーク発光27が検出されるまで続く。少なくとも1組の長スペース発光26と長マーク発光27が検出されれば、フィードバック制御が実行可能となる。従って、DAコンバータDAC1、DAC2、DAC3の電流データは、フィードバック制御の開始タイミングまで保持しておき、少なくとも1組の長スペース発光26と長マーク発光27が検出されれば、フィードバック制御ループの動作(63)へと続く。次に、図5で、データ記録信号発生区間21における、フィードバック制御時の演算プロセッサ(DSP)45の演算方法について説明する。

【0115】まず、フィードバック制御が始まると、データ記録信号中の長スペース発光時に、ADコンバータAD1で、バイアス・スペース値(E)37の検出出力を、AD変換し、演算プロセッサ(DSP)45に入力する(64、65)。

【0116】次に、記録データ信号9中の長マーク発光時に、ADコンバータAD2で、マルチパルス平均値($M2$)38の検出出力を、又ADコンバータAD3で、ボトム検波値(B_k)39の検出出力を各々AD変換し、演算プロセッサ(DSP)45に入力する(66、67)。

【0117】尚、ここでの説明は長スペース発光時を先にAD変換処理したが、記録データ信号9に長マーク発光時が先に出現したときは、処理順序を入換えて長マーク発光のAD変換処理を先に行ってもよい。

【0118】次にボトム検波回路44の応答特性の補正を行うために、ボトム検波補正係数(α)を入力する。ボトム検波回路44は長マーク発光部分の下エンベロープを検出するが、検波回路の周波数特性により、検波効率が100%以下のある値となる。従って、実際の発光パルスのボトム値(B)に換算するために、検波効率の逆数であるボトム検波補正係数(α)を用いて、ボトム検波値(B_k)を次式の様に補正する(68、69)。

$$【0119】 B = \alpha \cdot B_k$$

次に、長マーク発光部分のマルチパルス部(図3(b)27)のピーク値のデューティ(d)を入力する。(70)

以上説明した入力データを用いて、マルチパルス部のピーク値(P)の受光出力を演算により求めることができる。つまり、ピーク値(P)を未知数とすると、以下の式を演算することにより、未知数 P が求まる。(71)

$$M = P \cdot d + B \cdot (1 - d)$$

$$\text{従って、 } P = \{M - B \cdot (1 - d)\} / d$$

次に、上述と同様な制御目標値であるピークパワー設定値(P_{ref})、バイアスパワー設定値(E_{ref})、ボトムパワー設定値(B_{ref})を入力する(72)。そして、71で求めたピーク値(P)、69で求めたボトム値(B)、65で入力されたバイアス・スペース値(E)と、72で入力された各パワー設定値と比較し、その差分値 ΔP 、 ΔE 、 ΔB を各々演算する(73)。

$$【0120】 \Delta P = P - P_{ref}$$

$$\Delta E = E - E_{ref}$$

$$\Delta B = B - B_{ref}$$

次の、ループフィルタの演算(74)は、図5で説明しているのフィードバック制御系の応答周波数を決定する。記録動作中の半導体レーザの電流-光パワーの変動成分は温度特性成分が主原因であるので、フィードバック制御系の応答性は、高々数100Hz以下で充分である。したがって、遮断周波数を数100Hz以下に設定したループフィルタ演算(74)を行う。

【0121】73の演算によって求まった差分値 ΔP 、 ΔE 、 ΔB の各ループフィルタ演算(74)出力と、現在の検出パワー値である、ピーク値 P 、ボトム値 B 、バイアス値 E を各々加算して、半導体レーザ1に流す電流値データに変換する(75)。

【0122】即ち、電流変換係数を K 、ピーク値電流データを I_p 、ボトム値電流データを I_b 、バイアス値電流データを I_e とすると、以下のように求まる。

$$【0123】 I_p = K(P + \Delta P)$$

$$I_e = K(E + \Delta E)$$

$$I_b = K(B + \Delta B)$$

このようにして求まったピーク値電流データ I_p をDAコンバータDAC1、バイアス電流データ I_b をDAコンバータDAC2、ボトム値電流データ I_b をDAコンバータDAC3へ各々出力する。(76)。

【0124】DAコンバータDAC1、DAC2、DAC3への電流データ値は、次の電流値データ変換処理(75)に至るまで、ホールド状態にしておく。

【0125】電流データを各々のDAコンバータに出力が終わると、フィードバック制御系の処理は、最初の長スペース発光の検出(65)に戻る(77)。

【0126】以上、図4、図5で説明したように、実施の形態2の半導体レーザ方法によれば、テスト発光区間では、ボトムDC値、バイアスDC値、マルチパルス平

均値を検出して、フィードフォワード制御することにより、データ記録開始直後から半導体レーザの記録パワーを高速に目標パワー値に整定制御することができる。その後のデータ記録信号発光区間では、長マーク発光毎にマルチパルス平均値とボトム検波値を検出し、長スペース発光毎にスペース値を検出して、フィードバック制御を連続的に動作させることができる。これにより、記録動作時間が長くなって半導体レーザの温度特性により電流値が変化しても、目標のパワー設定値である P_{ref} 、 E_{ref} 、 B_{ref} が常に得られるように半導体レーザが制御されるので、長時間安定に目標記録パワー値に制御維持可能である。

【0127】（実施の形態2）図6は本発明の半導体レーザの制御方法の実施の形態3の構成を説明する図である。DVD-RW等の書換え可能な光ディスクの書き継ぎ記録時の半導体レーザの制御動作を時系列に説明している。

【0128】図6(a)は、光ディスクの回転区分を現している。ここでは、記録動作開始タイミング15から、データ記録開始タイミング22までを、記録動作開始1回転目に配置する。この記録動作開始1回転目の区間は、半導体レーザの記録パワーを、目標設定値に制御するためのテスト発光区間として使用する。

【0129】データ記録開始タイミング22以降を、記録動作開始2回転目の区間に配置し、記録動作開始1回転目で記録したテスト発光領域と同じトラックに、ジャンピング操作をして戻り、正規の記録データ9をオーバーライト記録する。

【0130】図6(b)は、光ディスクに記録されるユーザの記録データ信号を現しており、記録動作開始タイミング15と同時に、図示はしていないがホストコンピュータ等から送出されてくる。

【0131】図6(c)は、光ディスク上での記録領域区分を現している。記録動作開始タイミング15より前は、書き継ぎ記録前データ記録済領域16で構成されており、記録動作開始タイミング15からデータ記録開始タイミング22までは、オーバーライト領域78で構成されている。オーバーライト領域78では、記録動作開始1回転目で記録したテスト発光部分に、正規の記録データ9をオーバーライト記録する。

【0132】図6(d)は、光ディスク上での半導体レーザ1の発光区分を現している。記録動作開始タイミング15前はデータ記録済領域19で構成されている。

【0133】記録動作開始タイミング15からデータ記録開始タイミング22までの記録動作開始1回転目の区間は、半導体レーザのフィードフォワード制御をおこなうためのテスト発光区間20（第1のテスト発光区間）と、半導体レーザのフィードバック制御をおこなうためのランダムテスト信号発光区間79（第2のテスト発光区間）で構成されている。

【0134】前記ランダムテスト信号発光区間79は、データ記録開始タイミング22まで連続して配置してもよいし、フィードバック制御を行うために必要な発光時間長までに限定してもよい。

【0135】データ記録開始タイミング22以降の、記録動作開始2回転目の区間は、ユーザの記録データ信号を記録するために半導体レーザの発光を行うデータ記録信号発光区間21で構成されている。

【0136】図6(b)のように、記録データ信号9は、記録動作開始タイミング15と同時に記録開始1回転目からホストコンピュータ等から送出されてくるが、光ディスク上に実際に記録データ信号9が記録開始されるタイミングは、データ記録開始タイミング22の記録動作開始2回転目からである。

【0137】このように記録動作開始タイミング15と実際のデータ記録開始タイミング22の間に約1回転分の時間遅延が生じるために、テスト発光区間20とランダムテスト信号発光区間79の両区間は、記録データ信号9を一時的に記憶しておくFIFOメモリ等を用いたバッファメモリを備えておく必要がある。

【0138】図6(e)は、光ディスク上での半導体レーザ1の実際の発光信号区分を現している。まず、テスト発光区間20における発光区分について説明する。

【0139】DVD-RW等の書換型光ディスクでは、発光区分は、記録ストラテジーで定義されている記録パルスのボトム値の一定値発光23(Pb)と、記録符号のスペース部分であるバイアス値の一定値発光(Pe)24と、記録符号のマーク部分で記録パルスのピーク値とボトム値間のパルス発光25の3種類で構成されている。

【0140】次に、ランダムテスト信号発光区間79では、光ディスクに記録発光される信号の内、比較的長いマーク長の部分の発光27A（例えば10T以上）と、比較的長いスペース長の部分の発光26A（例えば10T以上）とが含まれる。ランダムテスト信号は、テスト信号発生器54から出力される。これらの長いマーク長の部分と、長いスペース超の部分とを、ランダムテスト信号発光区間79での、フィードバック制御を行うための検出信号として選択使用する。

【0141】比較的長いマーク長又はスペース長の部分の発光を検出信号として選択使用する理由は、後述するマルチパルス平均値検出やボトム検波の信号処理回路に必要な周波数特性が比較的容易に実現可能なためである。

【0142】一方に、記録動作開始2回転目で、データ記録信号発光区間21での発光信号について説明する。この区間で記録される記録データ信号9は記録前にスクランブルされているために、ほぼランダム信号とみなせる。光ディスクに記録発光される信号の内、比較的長いマーク長の部分の発光27（例えば10T以上）

と、比較的長いスペース長の部分の発光26 (例えば10T以上)とを、データ記録信号発光区間21での、フィードバック制御を行うための検出信号として選択使用する。

【0143】図6(f)は、光ディスク上で半導体レーザ1の制御区分を現している。テスト発光区間20で発光信号を検出して、光パルスの目標パワー値に相当する基準値と予め比較演算して半導体レーザに流れる電流値を目標パワー値になるように、フィードフォワード制御区間28でフィードフォワード制御する。

【0144】次に、ランダムテスト信号発光区間79では、長スペース発光26と長マーク発光27の1組が検出される度に、光パルスの目標パワー値に相当する基準値と逐一比較演算することにより、半導体レーザに流れる電流値を目標パワー値になるように、フィードバック制御区間29A内で、連続的にフィードバック制御する。

【0145】比較的長いマーク長又はスペース長の発光位置は確率的にしか決定できず、かつその発光確率も低いため、フィードバック制御開始タイミング30は、記録データ信号9の内容によって確率的にしか決まらない。

【0146】引き続いて、データ記録信号発光区間21でも同様に、長スペース発光26と長マーク発光27の1組が検出される度に、光パルスの目標パワー値に相当する基準値と逐一比較演算することにより、半導体レーザに流れる電流値を目標パワー値になるように、フィードバック制御区間29内で連続的にフィードバック制御する。

【0147】図6(g)は、光ディスク上で検出区分を現している。前述した図6(e)の発光信号区分に応じて検出信号を説明する。

【0148】まず、テスト発光区間20では、ボトム値の一定値発光(Pb)23の部分で、ボトムDC値(Bdc)31を検出する。バイアス値の一定値発光(Pe)24の部分では、バイアスDC値(E)32を検出する。ピーク値とボトム値間のパルス発光25の部分では、複数のマルチパルス列部分の平均値(M1)33を検出する。

【0149】次にランダムテスト信号発光区間79の検出信号を説明する。

【0150】まず、長スペース発光26A部分では、記録符号のスペース部分であるバイアス・スペース値(E)37Aを検出する。長マーク発光27A部分では、記録符号のマーク部分のマルチパルス平均値(M2)38Aと、記録符号のマーク部分のボトム値のエンベロープを検出するボトム検波(Bk)39Aとで半導体レーザの発光パワー値を検出する。

【0151】最後に、データ記録信号発光区間21でも同様に、長スペース発光26部分では、記録符号のスペース

部分であるバイアス・スペース値(E)37を検出する。長マーク発光27部分では、記録符号のマーク部分のマルチパルス平均値(M2)38と、記録符号のマーク部分のボトム値のエンベロープを検出するボトム検波(Bk)39とで半導体レーザの発光パワー値を検出する。

【0152】このように、DVD-RW等の書換え可能な光ディスクであれば、書き継ぎ記録時の半導体レーザの制御方法としては、記録動作開始1回転目に、テスト発光を行いフィードフォワード制御で高速に目標パワーに設定し、更にランダムテスト発光を行いフィードバック制御を行い、記録動作開始2回転目に、1回転目で記録したテスト発光区間をオーバライトしながら、長マーク発光と長スペース発光を検出してフィードバック制御を行うことが可能である。

【0153】書換え可能な光ディスクで、図6で説明したような制御方法を行うと、テスト発光区間をオーバライトすることによって、図1で説明した書き継ぎマージン領域17は不要になり、書き継ぎ前データ記録済領域16と隙間なく書き継ぎすることができる。

【0154】したがって、複数回に分けて追記記録しても、記録済トラックは余計なテスト発光等が記録されることなく、DVD-ROM等と同じ様に信号配列の連続性が確保できる。つまり書き継ぎしたデータ記録領域の記録始端部が、書き継ぎ前のデータ記録済領域の記録終端部と連続して記録することができる。

【0155】また、記録動作開始1回転目に、テスト発光を行いフィードフォワード制御で高速に目標パワーに設定し、更にランダムテスト発光を行いフィードバック制御を行うことにより、データ記録信号発生区間で行うフィードバック制御と検出及び制御方式が同一でかつ制御シーケンスが連続しているために、フィードフォワード制御からフィードバック制御に切替える際の過渡応答が発生せず、安定な記録パワーの制御が可能である。

【0156】尚、図6で説明した本発明の半導体レーザの制御方法は、図2、図3、図4、図5で説明した半導体レーザの制御装置の構成をそのまま利用して信号の検出および制御演算が可能であり、単に検出および制御のタイミングを図6の様に変更することで、図6の制御方法を実現した半導体レーザの制御装置を提供することができる。

【0157】(実施の形態3)図7は本発明の半導体レーザの制御方法の実施の形態4の構成を説明する図である。DVD-R等の書換え不可能な光ディスクの書き継ぎ記録時の半導体レーザの制御動作を時系列に説明している。

【0158】図7(a)は、光ディスクの回転区分を現している。ここでは、記録動作開始タイミング15から、データ記録開始タイミング22の直前の書き継ぎマージン領域17までを、記録動作開始1回転目に配置す

る。この記録動作開始1回転目の区間は、半導体レーザーのボトム値光パワーを、目標設定値に制御するためのテスト発光区間として使用する。

【0159】書き継ぎマージン領域17以降を、記録動作開始2回転目の区間に配置し、記録動作開始1回転目でのボトム値光パワーをテスト発光した領域と同じトラックに、ジャンピング操作をして戻り、正規の記録データ9を記録開始する。

【0160】尚、記録動作開始1回転目にのボトム値光パワーをテスト発光しても、DVD-R等の追記型光ディスクの記録層に反射率の変化等の影響は与えない。

【0161】図7(b)は、光ディスクに記録されるユーザの記録データ信号9を現しており、記録動作開始タイミング15と同時に、図示はしていないがホストコンピュータ等から送出されてくる。

【0162】図7(c)は、光ディスク上での記録領域区分を現している。記録動作開始タイミング15より前は、書き継ぎ記録前データ記録済領域16で構成されており、記録動作開始タイミング15から書き継ぎマージン領域17の直前までは、ボトム値光パワー発光領域80で構成されている。

【0163】図7(d)は、光ディスク上での半導体レーザー1の発光区分を現している。記録動作開始タイミング15前はデータ記録済領域19で構成されている。

【0164】記録動作開始タイミング15から、記録動作開始1回転目の区間は、ボトム値パワーのフィードバック制御をおこなうためのボトム値パワーテスト発光区間81(第3のテスト発光区間)で構成されている。

【0165】書き継ぎマージン領域17以降の記録動作開始2回転目の区間は、記録パワーのフィードフォワード制御をおこなうためのテスト発光区間20(第4のテスト発光区間)と、ユーザの記録データ信号を記録するデータ記録信号発光区間21で構成されている。

【0166】図7(b)のように、記録データ信号9は、記録動作開始タイミング15と同時に記録開始1回転目からホストコンピュータ等から送出されてくるが、光ディスク上に実際に記録データ信号9が記録開始されるタイミングは、データ記録開始タイミング22の記録動作開始2回転目からである。

【0167】このように記録動作開始タイミング15と実際のデータ記録開始タイミング22の間に約1回転分の時間遅延が生じるために、ボトム値パワーテスト発光区間81とテスト発光区間20の両区間は、記録データ信号9を一時的に記憶しておくFIFOメモリ等を用いたバッファメモリを備えておく必要がある。

【0168】図7(e)は、光ディスク上での半導体レーザー1の実際の発光信号区分を現している。まず、ボトム値パワーテスト発光区間81では、記録パルスのボトム値23(Pb)の一定値を発光させる。尚、DVD-Rでは記録符号のスペース部分であるバイアス値は、記録

パルスのボトム値23と同じレベルである。一方テスト発光区間20では、記録パルスのピーク・ボトム間パルス発光25を行う。

【0169】次にデータ記録信号発光区間21では、記録信号の内、比較的長いマーク長の部分の発光27(例えば10T以上)と、比較的長いスペース長の部分の発光26(例えば10T以上)とを、データ記録信号発光区間21での、フィードバック制御を行うための検出信号として選択使用する。

【0170】図7(f)は、光ディスク上での半導体レーザー1の制御区分を現している。ボトム値パワーテスト発光区間81では、ボトム値23の一定値発光を検出する毎に、ボトムパワー設定値と逐一比較演算することにより、半導体レーザーに流れる電流値をボトムパワー設定値になるように、フィードバック制御区間82内で、連続的にフィードバック制御する。

【0171】テスト発光区間20ではピーク・ボトム間のパルス発光信号を検出して、光パルスのピークパワー設定値と予め比較演算して半導体レーザーに流れるピーク電流値をピークパワー設定値になるように、フィードフォワード制御区間28でフィードフォワード制御する。

【0172】続いて、データ記録信号発光区間21では、長スペース発光26と長マーク発光27の1組が検出される度に、光パルスの目標パワー値に相当する基準値と逐一比較演算することにより、半導体レーザーに流れる電流値を目標パワー値になるように、フィードバック制御区間29内で連続的にフィードバック制御する。

【0173】図7(g)は、光ディスク上で検出区分を現している。前述した図7(e)の発光信号区分に応じて検出信号を説明する。

【0174】まず、ボトム値パワーテスト発光区間81での、ボトム値の一定値発光(Pb)23の区間では、ボトムDC値(Bdc)31を検出する。DVD-Rでは記録符号のスペース値(E)は、ボトム値23(Bdc)31と同じレベルである。

【0175】次に、テスト発光区間20での、ピーク・ボトム間パルス発光25の部分では、複数のマルチパルス列部分の平均値(M1)33を検出する。

【0176】最後に、データ記録信号発光区間21では、長スペース発光26の部分で、記録符号のスペース部分であるスペース値(E)37を検出する。長マーク発光27の部分では、記録符号のマーク部分のマルチパルス平均値(M2)38で半導体レーザーの発光パワー値を検出する。

【0177】以上説明した様に、図7の半導体レーザーの制御方法によると、DVD-Rの様に書換え不可能な光ディスクであれば、書き継ぎ動作時の記録動作開始1回転目に、ボトム値の一定値のテスト発光を検出して、ボトム値のみのフィードバック制御を行い、記録動作開始2回転目に、テスト発光区間では、マルチパルス平均値

を検出して、ピーク値のフィードフォワード制御を行い、データ記録信号発光区間では、長マーク発光と長スペース発光を検出して、記録動作中は連続してフィードバック制御を行うことが可能である。

【0178】書換え不可能な光ディスクでは、図7で説明したような制御方法を行うと、データ記録開始タイミング直前のテスト発光区間20のテスト発光が、ピーク・ボトム間パルス発光のみでよいことになり、テスト発光区間20を図1の制御方法より短くすることができる。

【0179】つまり、テスト発光区間20を短くすることにより、書き継ぎ時に発生する余計なテスト発光による不要信号の記録領域を短くすることができ、DVD-R等の光ディスクの記録済トラックはDVD-ROMにより近い信号配列の連続性が確保できる。

【0180】つまり書き継ぎしたデータ記録領域の記録始端部が、書き継ぎ前のデータ記録済領域の記録終端部との隙間を小さくしてより連続に近い記録トラックを形成することができる。

【0181】また、記録動作開始1回転目に、ボトム値のフィードバック制御が終了しているために、記録2回転めのフィードフォワードの制御演算がピーク値のみでよい。高速に電流値の設定が必要なフィードフォワード制御演算量を減らせることで、より低速で廉価の演算プロセッサ(DSP)で、図7の制御方法の実現が可能である。

【0182】尚、図7で説明した本発明の半導体レーザの制御方法は、図2、図3、図4、図5で説明した半導体レーザの制御装置の構成をそのまま利用して信号の検出および制御演算が可能であり、単に検出および制御のタイミングを図7の様に変更することで、図7の制御方法を実現した半導体レーザ制御装置を提供することができる。

【0183】

【発明の効果】本発明によれば、テスト発行区間において得られた信号に基づき、フィードフォワード制御を行なうので、図10(a)に示したように、発光波形は、ゆるやかな立ち上がりではなく、瞬時にピークパワー設定値に達することができる。従って、図10(a)のような発光波形で光ディスクに記録を行うと図10

(b)に示すように、再生した再生波形の振幅は、再生開始時から十分なレベルが確保できる。本発明では、DVD-RやDVD-RW等の光ディスクに書き継ぎ記録を行う際に、フィードフォワード制御により、書き継ぎ記録開始直後から半導体レーザの記録パワーを速やかに目標パワー値に設定することができ、かつ、データ記録期間中も、フィードバック制御を連続的に動作させることが可能となる。これにより、記録動作時間が長くなって半導体レーザの温度特性により目標パワー値に設定する電流値が変化しても、長時間安定に目標記録パワー値

に制御維持可能な半導体レーザの制御方法並びに半導体レーザ制御装置を提供することができる。

【0184】また本発明では、DVD-RW等の書換え可能な光ディスクに書き継ぎ記録を行う際に、1回転目に行ったテスト発光区間を2回転目に正規の記録データでオーバライトすることによって、書き継ぎ前データ記録済領域16と隙間なく書き継ぎできるためDVD-ROMに近い信号配列の連続性が確保できる。更に、記録動作開始1回転目にフィードフォワード制御とフィードバック制御を行うことにより、データ記録期間中に行うフィードバック制御への切替時に過渡応答が発生せず、安定な記録パワーの制御が可能な半導体レーザの制御方法並びに半導体レーザ制御装置を提供することができる。

【0185】また本発明では、DVD-R等の書換え不可能な光ディスクに書き継ぎ記録を行う際に、記録開始直前のテスト発光区間を短縮し、書き継ぎ時に発生する余計なテスト発光による不要信号の領域を短くすることができ、記録済トラックはDVD-ROMにより近い信号配列の連続性が確保できる。

【0186】更に、記録動作開始1回転目に、ボトム値のフィードバック制御が終了しているために、記録2回転めの高速性が必要なフィードフォワードの制御演算がピーク値のみでよく、より低速で廉価の演算プロセッサ(DSP)で、安定な記録パワーの制御が可能な半導体レーザの制御方法並びに半導体レーザ制御装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の実施の形態1における半導体レーザの制御方法の動作シーケンス図

【図2】 本発明の実施の形態1における半導体レーザ制御装置の構成図

【図3】 本発明の実施の形態1における半導体レーザ制御装置の要部の信号波形図

【図4】 半導体レーザ制御装置のフィードフォワード制御時の演算動作フロー図

【図5】 半導体レーザ制御装置のフィードバック制御時の演算動作フロー図

【図6】 本発明の実施の形態2における半導体レーザ制御方法の動作シーケンス図

【図7】 本発明の実施の形態3における半導体レーザ制御方法の動作シーケンス図

【図8】 従来の半導体レーザ制御装置の構成図

【図9】 従来の半導体レーザ制御装置の要部の信号波形図

【図10】 本発明の半導体レーザ制御装置の要部の信号波形図

【符号の説明】

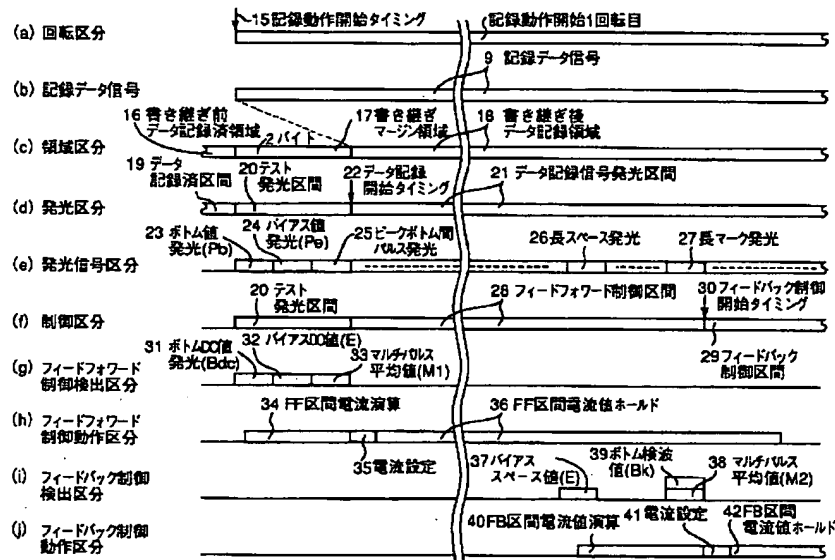
1 半導体レーザ

20 テスト発光区間

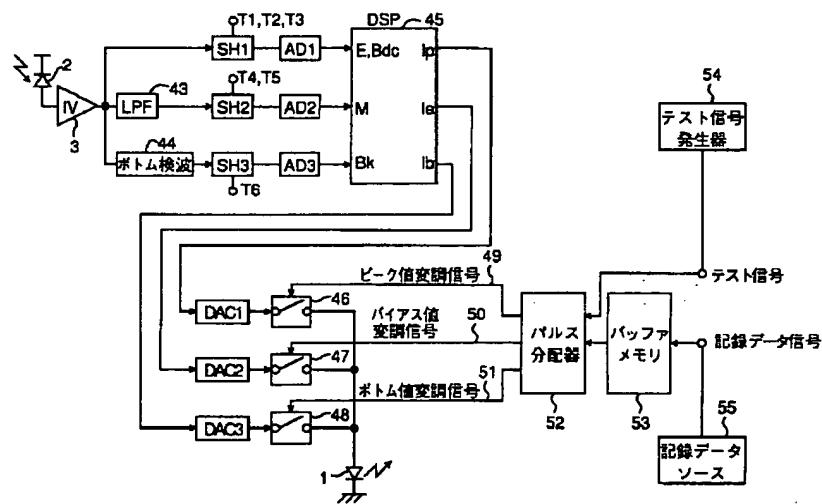
21 データ記録信号発光区間
28 フィードフォワード制御区間

29 フィードバック制御区間

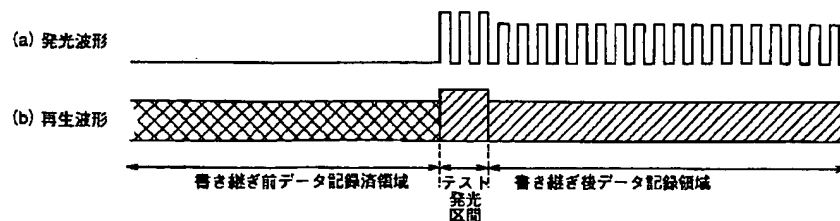
【図1】



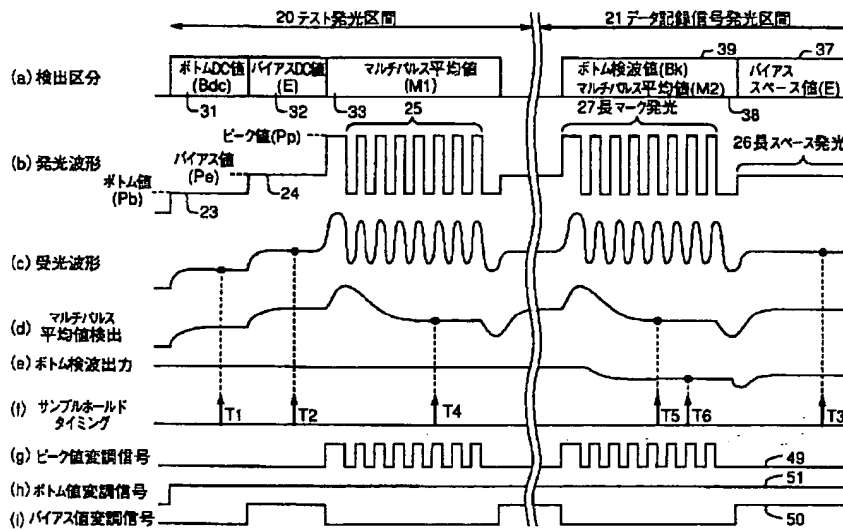
【図2】



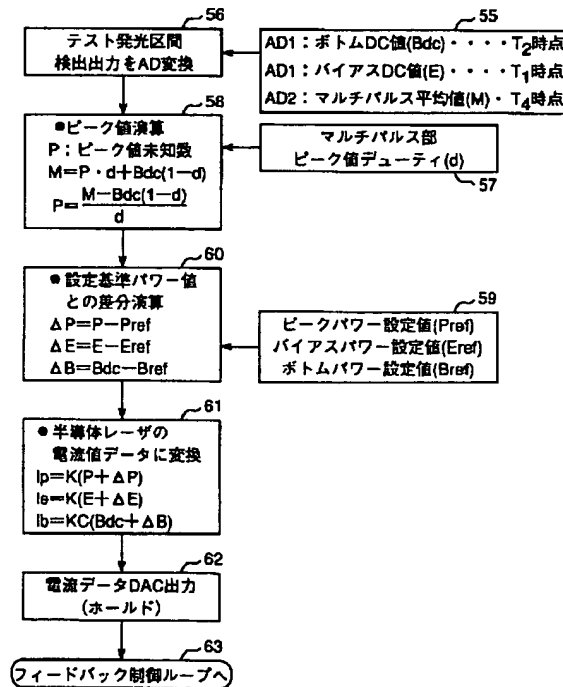
【図10】



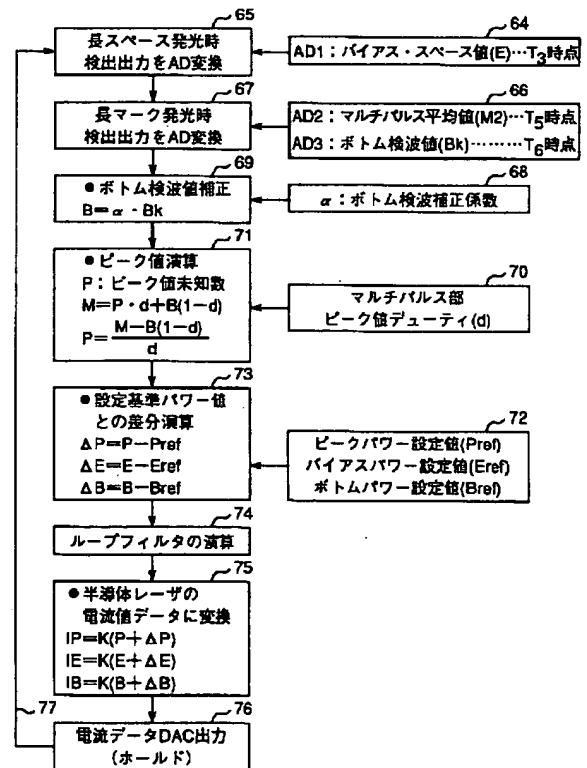
【図3】



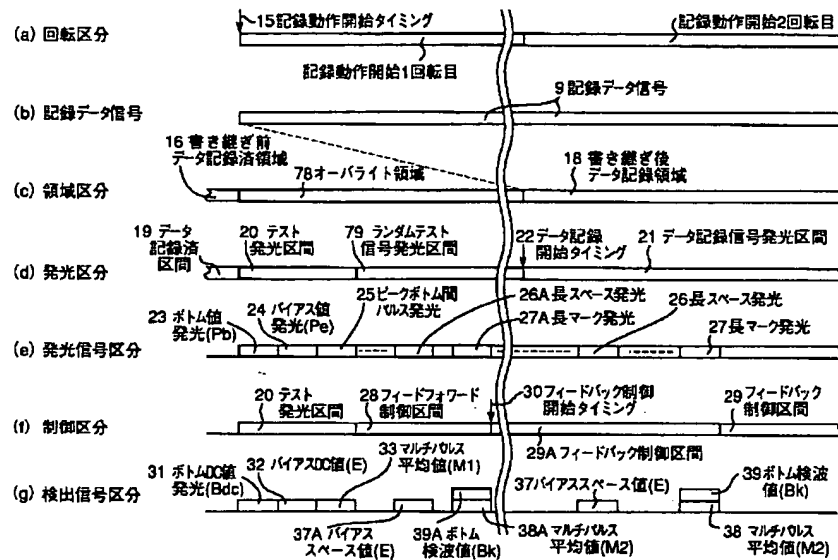
【図4】



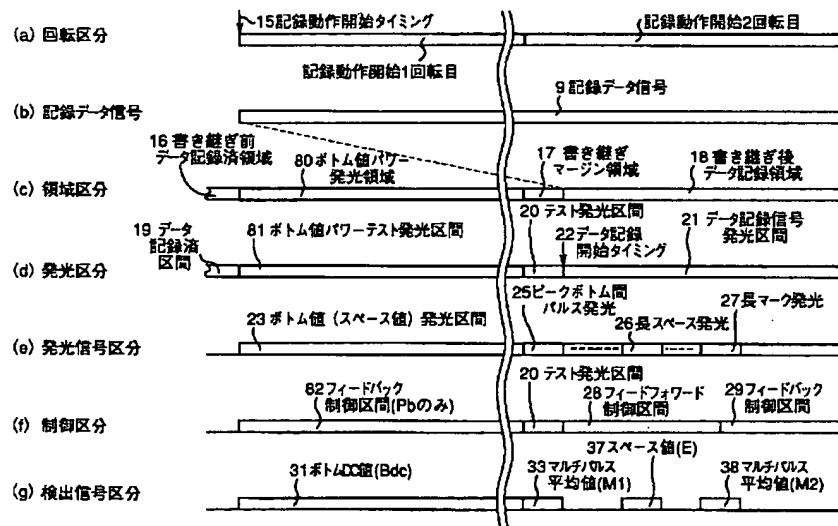
【図5】



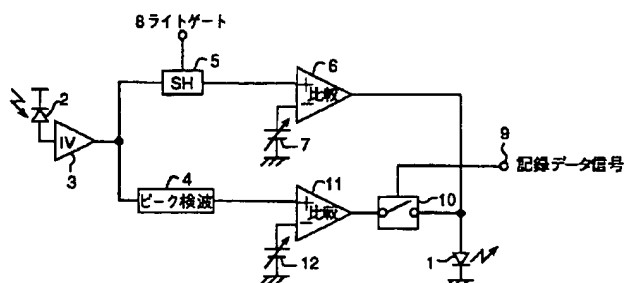
【図6】



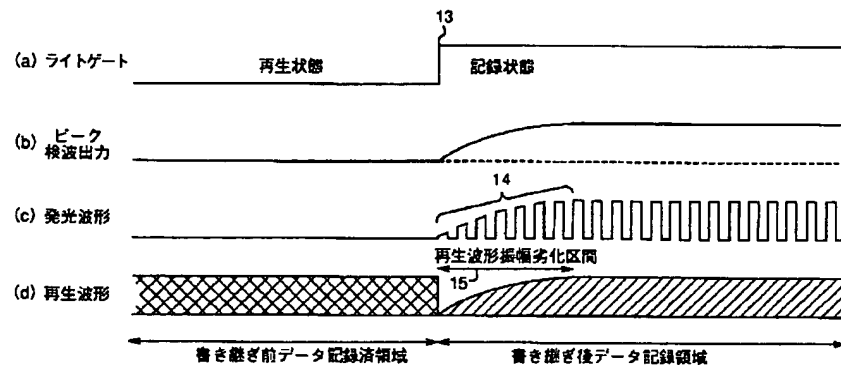
【図7】



【図8】



【図9】



フロントページの続き

(72)発明者 宮端 佳之
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内
(72)発明者 臼井 誠
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内
(72)発明者 金野 耕寿
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内
(72)発明者 植木 泰弘
神奈川県横浜市神奈川区守屋町3丁目12番
地 日本ビクター株式会社内

(72)発明者 上野 智恵
神奈川県横浜市神奈川区守屋町3丁目12番
地 日本ビクター株式会社内
(72)発明者 長田 豊
神奈川県横浜市神奈川区守屋町3丁目12番
地 日本ビクター株式会社内
(72)発明者 藤本 亨
神奈川県横浜市神奈川区守屋町3丁目12番
地 日本ビクター株式会社内
Fターム(参考) 5D090 AA01 BB03 BB05 CC01 DD03
EE01 FF21 FF34 HH01 JJ01
KK02
5D119 AA24 BA01 BB02 BB04 DA03
HA07 HA12 HA18 HA46 HA47
HA53